

## Effekt av temperatur och kvalitet på upplösningsgraden på SCA stallpellets

*Effect of temperature and quality on decomposition of the  
SCA stable pellet*



Foto: sca.com

Hanna Bäckström



# Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,  
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Hanna Bäckström
Titel, Sv	Effekt av temperatur och kvalitet på upplösningsgraden på SCA stallpellets
Titel, Eng	<i>Effect of temperature and quality on decomposition of the SCA stable pellet</i>
Nyckelord/ Keywords	Ströpellets, uppsugningsförmåga, volymförändring, bränslepellets, vattentemperatur, förvaringstemperatur. <i>/Litter pellet, absorbency, volume change, fuel pellets, water temperature, storage temperature</i>
Handledare/Supervisor	Dan Bergström, institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2015

## **Förord**

Jag tror på en stor marknad för pellets som strö inom hästnäringen, och tanken med detta var att efter avslutat arbete förhoppningsvis kunna bidra med nya intressanta resultat som kan komma till användning för såväl tillverkarna som för kunderna.

Detta är ett kandidatarbete som ingår i Jägmästarutbildningens tredje år och omfattas av 15 högskolepoäng.

Jag vill först och främst tacka min handledare Dan Bergström för den goda handledningen genom arbetet. Jag vill också tacka personalen på BTC i Umeå som gjorde det möjligt för mig att genomföra testerna på ett praktiskt smidigt sätt. Och jag vill även tacka Erika Edmark, min kontaktperson på SCA Energy AB, för all hjälp med material och samarbetet.

Umeå, april 2015

Hanna Bäckström

## Sammanfattning

Pellets som strö har använts i ca 10 år, framförallt till hästar. Det finns idag en rad olika strömedel ute på marknaden, ett av dem är SCA Stallpellets som har undersökts i denna studie. Stallpelletsen har även jämförts med Bionorr bränslepellets, även detta en produkt från SCA, som många använder som strö till sina djur. Stallpellets ska vara mer lämpat för djur då den består av en högre andel gran eftersom det i tallen finns terpenener som avger starka lukter och kan vara irriterande både för häst och människa.

Strö i pelletsform sparar plats och gör hanteringen lättare än många andra strömedel eftersom det sväller flera gånger sin egen volym när man vattnar det. Sedan faller det sönder till ett finfördelat spån och ger en ljus och lättmockad bädd. Dessutom är uppsugningsförmågan mycket bra eftersom det även som vattnad bädd håller en lägre fukthalt än t.ex. sågspån.

Syftet med arbetet var att undersöka tidsåtgång för svällning och svälld volym (svällningsgrad) av SCA stallpellets samt Bionorr bränslepellets.

Studien genomfördes vid BTC, tillhörande SLU i Umeå. Sexton kombinationer med pellets som förvarats i fyra olika temperaturer och som vattnats med vatten i fyra olika temperaturer upprepades tre gånger. Samtliga tester rördes om under 1 minut för att underlätta sönderdelningen. De olika kombinationerna delades sedan in i olika tidsklasser beroende på tidsåtgång för uppsugning av vatten och svällning.

Resultaten visade på små skillnader mellan de två pelletssorterna, eftersom uppsugningsförmågan och tid för svällning överlag var väldigt lika. Med stöd från litteraturen indikerar denna studie att stallpellets och bränslepellets har samma uppsugningsförmåga.

Resultaten tyder också på att bränslepellets ger en något större volymökning än stallpellets. När pelletsen förvarats i ca 17 grader verkade vattentemperaturen inte ha någon betydande effekt på tidsåtgången. Båda pelletssorterna kunde vattnas med kallt vatten, men processen gick snabbare ju varmare vatten man vattnade med och ju varmare temperatur pelletsen förvarades i. De största skillnaderna vad gäller tidsåtgången utmärkte sig när pelletsen förvarats i minusgrader och sedan vattnats med temperaturer under 10 grader.

För att snabba på processen rekommenderas därför att pelletsen förvaras i plusgrader, ju varmare desto bättre, eftersom det då inte heller spelar någon större roll, vad gäller tidsåtgång, om man vattnar med en vattentemperatur på t.ex. 7 grader eller 48 grader. Förvarar man sin pellets kallare går processen snabbare om man vattnar med varmt vatten.

Eftersom studien inte var särskilt omfattande kan mina resultat inte helt fastställa teorierna, det krävs betydligt mer omfattning vad gäller sortiment och tester för att kunna vara säkra.

**Nyckelord:** Ströpellets, uppsugningsförmåga, volymförändring, bränslepellets, vattentemperatur, förvaringstemperatur.

## Summary

Pellets as litter has been used for about 10 years, mainly horses. Today there are a variety of bedding on the market, one of them is SCA Stable Pellets that have been investigated in this study. The stable pellets has also been compared with Bionorr fuel pellets, although this is a product from SCA, which many people use as bedding for their animals. Stable Pellets should be more suitable for animals because it consists of a higher proportion of spruce because in the pine are terpenes that emit strong odors and can be annoying for both horse and human. Sprinkle in pellet form saves space and makes operation easier than many other litter because it swells several times its own volume when you water it. Since it breaks into a fine shavings and provides a light bed and makes it easy to muck. In addition, the absorbency very good because it also as a watered-bed holding a lower moisture content than, say, sawdust. The aim of this work was to investigate the duration of swelling and swollen volume (Swelling) of the SCA stall pellets and Bionorr fuel pellets.

The study was conducted at BTC, related SLU in Umeå. Sixteen combinations of pellets stored at four different temperatures and watered with water in four different temperatures repeated three times. All testing was stirred for 1 minute to facilitate decomposition. The different combinations were then divided into different time ranges depending on the time required for absorption of water and swelling.

The results showed small differences between the two pellets resorts, as absorbency and time of swelling were generally very similar. With support from the literature this study indicate that stable pellets and fuel pellets have the same absorbency.

The results also indicate that the fuel pellets gives a slightly greater increase in volume than the stable pellets do.

When the pellets stored at about 17 degrees water temperature seemed to have no significant effect on the duration. Both pellet varieties could be watered with cold water, but the process went faster the warmer the water you watered with and the warmer the temperature the pellets were stored in. The biggest differences in terms of time spent excelled when the pellets were stored at temperatures below zero and then watered with temperatures below 10 degrees. To speed up the process therefore recommended that the pellets stored at temperatures above freezing, the hotter the better, as it does not play any significant role, in terms of timing, if you want to water with a water temperature of for example 7 degrees or 48 degrees. Keep one's pellet cooler, the process goes faster if you water with warm water.

Since the study was not particularly extensive, my results do not completely determine the theories, it requires significantly more scope in terms of range and tests to be sure.

**Keywords:** Litter pellet, absorbency, volume change, fuel pellets, water temperature, storage temperature

## Innehållsförteckning

1. Inledning .....	6
1.1 Bakgrund .....	6
1.2 SCA Stallpellets .....	6
1.3 Vattnets påverkan .....	7
1.4 Andra strömmaterial och kostnader .....	7
1.5 Tidigare studier .....	7
1.6 Hypotes.....	8
1.7 Syfte .....	8
2. Material och metoder .....	9
2.1 Försöksområdet .....	9
2.2 Beskrivning av pellets .....	9
2.3 Karakterisering av pelletsen .....	9
2.4 Förstudie.....	10
2.5 Mätutrustning och mätmetoder .....	10
2.6 Behandlingar (kombinationer av faktorer och upprepningar).....	11
2.7 Utförande av huvudstudie .....	11
2.8 Övriga mätningar.....	12
3. Resultat .....	14
3.1 Resultat av tester .....	14
3.2 Resultat volym.....	17
3.3 Resultat övriga mätningar .....	18
4. Diskussion .....	19
4.1 Resultatdiskussion.....	19
4.2 Jämförelse av resultat med litteratur .....	19
4.3 Hur kan mina resultat användas i praktiken? .....	20
4.4 Styrkor och svagheter.....	20
4.5 Framtida studier.....	21
4.6 Slutsatser .....	21
5. Referenser.....	23

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Sverige har idag ca 360 000 hästar och är Europas näst mest hästtäta land efter Island. Hästantalet i Sverige har näst intill femdubblats de senaste 30 åren, detta medför en stor efterfrågan på varor och tjänster inom denna bransch (HNS, 2013). Pellets som strö till djur har använts i ca 10 år, framförallt till hästar (Wennerberg m fl. 2014). Träpelletsmarknaden i världen har ökat kraftigt de senaste åren. År 2012 producerades hela 22,4 miljoner ton, vilket är en ökning med 55 % i jämförelse med vad som producerades år 2010 (Cravena, m fl. 2015). En stor del av hästarna står idag uppstallade på olika slags strömedel i box, spilta eller på lösdrift ute med tillgång till ligghall.

Det ställs höga krav på våra strömedel, t ex.: bädden ska gärna vara mjuk och stabil, ljus och fräsch, inte avge för starka lukter, ha en bra uppsugningsförmåga, vara lätt att mocka, inte damma, vara ekonomiskt osv. Kraven är många och det finns idag en rad olika strömedel att välja mellan. Ett av dem är träpellets, en förädlad restprodukt från trä-, sågverk- och massaindustrin (Bergström, 2005). En skillnad mellan ströpellets och bränslepellets är att ströpellets inte är lika hårt pressat som bränslepellets för att det lättare ska falla sönder när det utsätts för fukt, men samtidigt bör det hålla en så pass god hållfasthet att det håller ihop under transport och lagring.

Pelleteringsprocessen kan kort delas in i sex huvudsakliga steg: karaktärisering, torkning, malning (eller malning, torkning) och pressning av råvaran, sedan kylning och lagring (Bergström, 2005).

## 1.2 SCA Stallpellets

I detta arbete har jag valt att titta på ett strö av träpellets som SCA framställer. Stallpellets är mjukpressat, finfördelat sågspån med en särskild mix (okänd mängd) av gran (*Picea abies*) och tall (*Pinus Sylvestris*) och är anpassat som strö för hästar (och andra sällskapsdjur). Pelletsen är 8 mm i diameter och ska lätt kunna sönderdelas till ett finfördelat spån för att ge bästa uppsugningsförmåga.

En säck stallpellets på 14 kg motsvarar en bal kutterspån på 25 kg och gör det därför väldigt lätthanterligt samtidigt som det sparar på lagringsutrymmen och är bättre ekonomiskt sett då det upplevs drygare än andra strömedel (SCA, 2015).

I gran och framförallt i tall finns terpener, en starkt doftande beståndsdel i terpentin, som kan vara irriterande för häst och människa och därför bör pelletsen utgöras av en högre mix av gran (Wennerberg, m.fl. 2014; SCA, 2015).

Bränslepellets är ett biobränsle som förädlats och består främst av sågverks- och träindustrins restprodukter. För att tillverka pelletar används kutterspån, sågspån och torrflis. Genom förädlingen fås ett bränsle med högre värmevärde, bulkdensitet och bättre förbränningsegenskaper. I och med att pellets har ett högre energiinnehåll per volymenhet än icke förädlade biobränslen krävs mindre lagringsutrymme och ger minskade transportkostnader per energienhet (Strömberg, m fl. 2012).

### 1.3 Vattnets påverkan

När man ströar med pelletsen skall den vattnas varpå den sväller flera gånger sin egen volym. I samband med vattning dammar det mindre och ger en ökad möjlighet att binda ammoniak. Men för mycket vatten kan också ge en minskad uppsugningsförmåga av urin samt öka risken för tillväxt av oönskade mikroorganismer, t ex. mögel (Wennerberg m fl. 2014). Eftersom stallpellets inte dammar särskilt mycket vid extra vattning, kan det vara ett mycket bra alternativ för hästar med hosta samtidigt som det också blir en bättre arbetsmiljö för oss människor. Enligt Jordbruksverket (2007) får den organiska dammhalten i ett stall där hästar vistas tillfälligtvis inte överstiga 10 mg/m<sup>3</sup>.

Normal temperatur i stalden där hästarna vistas brukar vara mellan 5-15 plusgrader, oftast kan det vara kallare under vintern där man troligen förvarar sitt strö. Enligt SCA (muntlig kommunikation. 2015) finns indikationer på att en för låg förvaringstemperatur medför att tidsåtgången för uppsugning av vatten och svällning är längre än för pellets som förvarats i högre temperaturer.

### 1.4 Andra strömaterial och kostnader

Det finns idag en rad olika typer av strömedel ute på marknaden. Det finns olika typer av pellets som träpellets, halmpellets, papperspellets och hampapellets, av dessa dominerar halm- och träpellets på den svenska marknaden (Wennerberg m.fl. 2014). Man finner även halm, torv, papper och spån i olika former.

**Tabell 1:** Priserna för småsäckar av pellets på pall, exklusive leverans. Priserna uppskattades under vintern 2014 (Wennerberg m.fl. 2014)

**Table 1:** Prices for small sacks of pellets on pallets, excluding delivery. The prices were estimated in winter

Strö	Pris (kr/kg)	
Halmpellets	3,08 – 5,62	Medel 4,09
Träpellets	2,41 – 3,44	Medel 2,96
Papperspellets	3,75	

2014 (Wennerberg m.fl. 2014)

Enligt SCA (2015) räcker oftast en pall stallpellets per år. En pall innehåller 60 säckar à 14 kg (840 kg) och kostar 2725 kr/pall om man beställer minst två pallar online på deras hemsida. Detta ger ett pris på 3,24 kr/kg.

En pall Bionorr bränslepellets på 832 kg, 52 säckar à 16 kg, kostar 2250 kr vilket ger ett kilopris på 2,70 kr. Detta gäller vid beställning av minst två pallar vid beställning på SCA:s hemsida. Ströpellets har i detta fall nästan 20 % högre kostnad.

På Granngården (2015) säljs en pall med 15 balar av kutterspån, 25 kg per bal, för 69 kr/bal, vilket ger ett kilopris på 2,76 kr.

### 1.5 Tidigare studier



Stallpelletsen är särskilt framtagen för att ha flera viktiga egenskaper som krävs i stallmiljön, en av faktorerna är att den ska ha bästa möjliga uppsugningsförmåga. Stallpellets har ursprungligen en fukthalt på ca 8 % (detta kan förstås variera beroende på yttre faktorer), en vattnad bädd är inte mättad utan håller en fukthalt på ca 30 % om man följer SCA:s rekommendationer för andelar och vattning. En vanlig spånbädd har en fukthalt på ca 50 %, alltså håller en bädd med stallpellets en lägre fukthalt och har en bättre förmåga att suga upp mer fukt (SCA, 2015). Bränslepellets har en fukthalt på ca 7 % (Edmark. 2015-04-16. pers. komm. SCA). Andra egenskaper som stallpellets erhåller är att det snabbt sväller flera gånger sin egen volym och kan sedan lätt falla isär till ett finfördelat spån. Av de kvalitetsklasser, A1, A2 och B, som pellets kan delas in i skall den lägsta klassen B undvikas som strömedel till djur eftersom den tillåter olika former av kemisk behandling av träpelletsen, detta för att följa svensk kvalitetsstandard, SS-EN 1461–2:2 011 (Wennerberg, m fl. 2014).

Wennerberg m fl. (2014) har tidigare jämfört uppsugningsförmågan hos träpellets som strö och träpellets som bränsle. Träpellets som tillverkats till bränsle har en volymvikt på ca 600-650 kg/m<sup>3</sup> och en uppsugningsförmåga på ca 2,70 - 3,25 kg vatten/kg TS (270-325%). Träpellets som är tillverkade till strö har en lägre volymvikt på ca 520 kg/m<sup>3</sup> men har samma uppsugningsförmåga som träpellets tillverkade till bränsle.

Tidigare studier visar på att hållfastheten på pellets blir lägre med en ökad fukthalt på råvaran. Detta kan ha att göra med att densiteten på producerad pellets minskar med ökad fukthalt (Bergström. 2005). En studie av (Back. 1987) styrker detta påstående då det visar att vätebindningar och andra sekundära bindningar dominerar vid partikel till partikel bindningar, styrkan i bindningarna reduceras dessutom i betydande omfattning med ökad fukthalt i bindningsområdet.

Vad jag kan se så har ingen noggrannare studie gjorts tidigare på strö- och bränslepelletsens uppsugningsförmåga och förmågan att svälla beroende på vilken temperatur den förvarats i och vattnats med. Men tillverkarna, SCA, anger att i rumstemperatur på ca 20 grader tar det ungefär 15 min för pelletsen att suga upp vattnet och sönderdelas ordentligt (SCA Energy AB. 2015. person. komm.). Några skriftliga källor på detta har inte hittats under arbetets gång.

## 1.6 Hypotes

- högre temperatur leder till snabbare och bättre sönderdelning
- stallpellets sönderdelas snabbare än bränslepellets eftersom bränslepelletsen är hårdare pressad

## 1.7 Syfte

Syftet med studien var att mäta och jämföra tidsåtgången och svällningsgraden på stall- och bränslepellets vid olika bevattnings- och pelletstemperaturer.

Följande frågeställningar avsågs att besvaras:

- Är uppsugningsförmågan snabbare eller långsammare med någon särskild kombination av temperaturer?

- Skiljer sig svällningsgraden beroende av temperatur på pellets och vattentemperatur samt pelletssort?
- Kan bränslepellets, som också till viss del används som strö, vara jämförbart med stallpellets som strö vad gäller tidsåtgång och svällningsgrad?

## 2. Material och metoder

### 2.1 Försöksområdet

Studien genomfördes vid forskningsstationen Biobränsle Tekniskt Centrum (BTC), tillhörande SLU i Umeå under fem dagar. Ett antal tester utfördes med stallpellets samt bränslepellets som förvarats i olika temperaturer mellan -19 till +17 grader som jag sedan testade i olika kombinationer med vatten från +7 grader till ca +48 grader.

### 2.2 Beskrivning av pellets

Två typer av pellets studerades: 1) Ströpellets producerad av en särskild mix av gran och tall (andelar okända), men med en högre andel gran och är 8 mm i diameter och 2) Bränslepellets producerad av 50 % gran och 50 % tall och har en diameter på 8 mm. Båda sorter var producerade av SCA.

### 2.3 Karaktärisering av pelletsen

När ströpelletsen är tillverkad och klar håller den en fukthalt på 8 % och bränslepelletsens fukthalt är 7 %.

Bulkdensiteten ( $\text{m}^3$ ) av vardera pelletssort räknades också ut. Med hjälp av en hink på 2,2 liter som fylldes rågad och som sedan släpptes från en höjd på 10-15 cm med tre upprepningar gav sedan ett struket mått genom att ”såga” med en brädbit över hinkens kant.

Bulkdensiteten för de två pelletssorterna blev följande:

- stallpellets struket mått (1 325,3 g) gav en bulkdensitet på  $0,60 \text{ kg/m}^3$
- bränslepellets struket mått (1 398,5 g) gav en bulkdensitet på  $0,64 \text{ kg/m}^3$

Ett hållfasthetstest utfördes för både stallpellets och bränslepellets, två gånger vardera. 500 g pellets av varje sort vägdes upp och hällades i en maskin på BTC som testar just hållfasthet. Trumman roterar 500 varv under 10 minuter. Sedan sållades pelletsen i en såll med 3,15 mm i diameter för att till sist vägas igen. Sedan divideras den nya vikten med 500 (ursprunglig vikt, g) och på så sätt fås en hållfasthet i procent fram. Den andra gången sållades pelletsen även före mätning. Testerna visade att stallpellets hade en hållfasthet på ungefär 95 % och bränslepelletsen ungefär 98 %. Hållfasthet beskriver mängden finfraktioner som bildas vid mekanisk påverkan (Lehtikangas. 2001). I de undersökningar som gjorts i detta arbete har resultatet visat att 5 % av volymen stallpellets har finfraktionerats, så även 2 % av bränslepelletsen.

## 2.4 Förstudie

För att fastställa vilka behandlingar som skulle utföras, t ex. temperaturer, mätintervall, osv., utfördes en förstudie. I samtliga tester användes andelarna 1 000 g vatten och 700 g pellets och de utfördes i likadana 10-liters plasthinkar. Detta för att ge likadana förutsättningar.

Tester med både stallpellets och bränslepellets som förvarats i ca 17°C och som vattnats med vatten av en temperatur på ca 7 °C utfördes. De fick verka under 40 minuter utan omrörning, sedan rördes de om med en större sked i 1 minut. Resultat och skillnader observerades sedan subjektivt.

Sedan utfördes tester med bränslepellets som förvarats i ca 17°C och som vattnats med ca 48°C vatten. Två tester fick verka under 5 minuter respektive 10 minuter för att sedan röras om under 1 minut och subjektivt bedömas.

Nästa test gjordes med bränslepellets som förvarats i ca -19°C och som vattnats med en vattentemperatur på ca 46°C. Pelletsen fick stå orörd i 20 minuter och rördes sedan om i 1 minut. Ett test med stallpellets som förvarats i ca -19°C och som vattnats med en vattentemperatur på ca 6°C fick verka under 20 minuter för att sedan röras om under 1 minut.

Med bränslepellets som förvarats i ca 17°C och vatten med en temperatur på ca 48°C utfördes ett långtest under ca 6,5 timmar. Efter att pelletsen stått orörd under dessa timmar gjordes en subjektiv bedömning av testet, som senare också rördes om.

Ett långtest av stallpellets som förvarats i ca 4°C och som vattnats med ca 48°C vatten gjordes också. Detta fick stå orört under ca 16 timmar innan det sedan observerades subjektivt och därefter rördes om.

Ett mindre sällningstest av stallpellets samt bränslepellets med samma förutsättningar gjordes för att ge en någorlunda uppfattning av hur stor andel (%) hela pellets som blev kvar efter att det fått verka i ca 10 minuter och rörts om under ca 1 min.

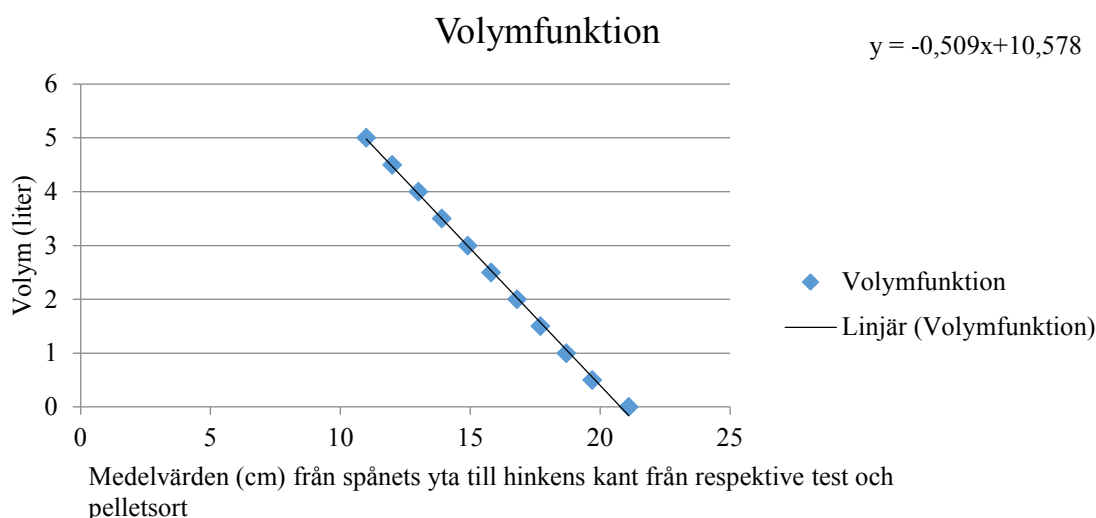
500 g bränslepellets och 350 g vatten jämfördes med 500 g stallpellets och 350 g vatten. Sällan var 3,15 mm i diameter. Efter att jag sällat ut allt sönderdelat material vägde jag den mängd pellets som fanns kvar av vardera sorten för att sedan jämföra med den totala mängd som vattnats. Det visade sig att det av stallpellets fanns ca 19 % hela pelletar kvar och 19,6 % av bränslepellets.

## 2.5 Mätutrustning och mätmetoder

För bestämning av massa användes en våg av märket Mettler som gav en noggrannhet på 0,001 gram. Pelletsen behandlades i 10 liters hinkar. Svällningsgraden mättes genom att mäta avståndet från hinkens kant ner till botten/ytan. Därefter fylldes 0,5 liter vatten på och mätningarna upprepades tio gånger, dvs. tills hinken fylldes med 5 liter vatten. Följande funktion togs fram  $Y = -0,509X + 10,578$  (Figur 1), där Y är volym (dm<sup>3</sup>) och X är medelvärdet (cm) av de mått som tagits från spånets yta till hinkens kant från respektive test och pelletsort. En termometer användes för att mäta vattentemperaturen på vattnet som togs direkt ur vattenkranen och vattnet vägdes sedan i identiska små bunkar.

Den upplösta pelletsens volym kontrollerades vid samtliga tester efter omrörning, medan den torra pelletsens volym endast kontrollerades vid ett antal gånger eftersom exakt 1 000 g torr pellets bör ge samma volym. Efter omrörning skakades hinken för att jämna ut spånets yta.

Mätningarna gjordes med en linjal på varsin sida av hinken och sedan togs ett medelvärde ut. Samtliga tester sammanställdes i Tabell 3.



**Figur 1.** En linjär funktion som tagits fram av värdena från kalibreringen och som används för att ta fram volymen för samtliga tester efter att pelleten sönderdelats och rörts om.

*Figure 1. A linear function developed by the values from the calibration and used to produce the volume of all tests after the pellet disintegrated and been stirred.*

## 2.6 Behandlingar (kombinationer av faktorer och upprepningar)

Följande faktorer och nivåer studerades:

**Tabell 2:** Samtliga kombinationer upprepades tre gånger för vardera pelletstyp

*Table 2: All combinations repeated three times for each pellet type*

Test	Vattentemperatur, °C	Förvaringstemperatur, °C
1	7	17
2	15	17
3	30	17
4	48	17
5	7	10
6	15	10
7	30	10
8	48	10
9	7	4
10	15	4
11	30	4
12	48	4
13	7	-19
14	15	-19
15	30	-19
16	48	-19

## 2.7 Utförande av huvudstudie

Varje test utfördes i 10 liters plasthinkar med samma mängd pellets (1 000 g) och samma mängd vatten (700 g), andelar som SCA rekommenderar. Hinkarna användes för att jag

samtidigt snabbt och enkelt skulle kunna räkna ut volymförändringen vid samtliga tester (se 2.5).

Pelletsen förvarades i en frys (-19°C), kyl (4°C), svalt utrymme (ca 10°C) samt i ett något varmare utrymme (ca 17°C). De vattentemperaturer som användes i studien var 6, 15, 30 och 48 grader.

Sex plasthinkar fanns tillgängliga och därför kunde sex försök utföras samtidigt, tre hinkar med stallpellets och tre hinkar med bränslepellets. Detta för att ge likadana förhållanden för båda pelletssorterna. Under utförandet av testerna var lufttemperaturen kring 17 grader och hinkarna stod på betonggolv.

För stallpellets respektive bränslepellets utfördes sexton kombinationer av tester med tre upprepningar. Jag använde därför 12 kg av varje pelletssort för varje förvaringstemperatur. Totalt gick det åt 48 kg stallpellets och 48 kg bränslepellets samt drygt 67 liter vatten. Tiden mättes i klasser som dels baserades på förstudien och dels på SCA:s rekommendationer som säger att den bör få verka i 15 minuter i rumstemperatur, och så gjordes några olika testkörningar före de riktiga testerna för att få bättre koll på hur pelletsen reagerar i olika situationer. Klassindelningen gjordes eftersom det var väldigt svårt att avgöra exakt när pelletsen sugit upp allt vatten och svällt färdigt.

Efter att vattnet hållts på fick pelletsen stå orörd olika lång tid beroende på hur den förvarats och vilken temperatur den vattnats med. Testkörningarna kan ses ovan i 2.4.

När varje kombinations tid löpt ut gjordes en omrörning med en större sked under 1 minut för att hjälpa pelletsen att sönderdela sig. Varje hink med pellets gicks sedan igenom och en subjektiv bedömning gjordes för att kontrollera om allt vatten sugits upp och hur fuktigt spånet kändes. Detta för att underlätta tidsklassindelningen.

## 2.8 Övriga mätningar

Längre tester, där pelletsen fick verka flera timmar, utfördes för att ta reda på om den sönderdelade sig själv mer ju längre tid den fick stå eller om det inte spelade någon roll så länge man inte rörde om i pelletsen efter uppsugning och svällning. Det visade sig att pelletsen krävde omrörning för att sönderdela sig, trots att den fått verka flera timmar. Vid omrörning föll pelletsen isär mycket lätt.

Efter samtliga test, oavsett kombinationer med förvaringstemperaturer och vattentemperaturer, fanns alltid en viss del hårda, icke sönderdelade pelletar kvar av både stallpellets och bränslepellets. Därför plockades en del av de hårda, kvarvarande pelletarna ut och lades i vatten en gång till för att kunna konstatera om det var något fel på dem eller om de inte fick en tillräcklig mängd vatten på sig vid testomgången. Det konstaterades att de hela pelletar som var kvar inte hade något fel, de har helt enkelt inte fått tillräckligt med vatten på sig vid första vattningen.



Foto: Hanna Bäckström

**Figur 2:** Tre hinkar med stallpellets och tre hinkar med bränslepellets testades samtidigt under likadana förhållanden.

**Figure 2:** Three buckets of stable pellets and three buckets of fuel pellets were tested at the same time under identical conditions.



Foto: Hanna Bäckström

**Figur 3:** Resultatet av pellets som svällt färdigt och sönderdelats

**Figure 3:** The results of the pellets swelling completed and dismembered



### 3. Resultat

#### 3.1 Resultat av tester

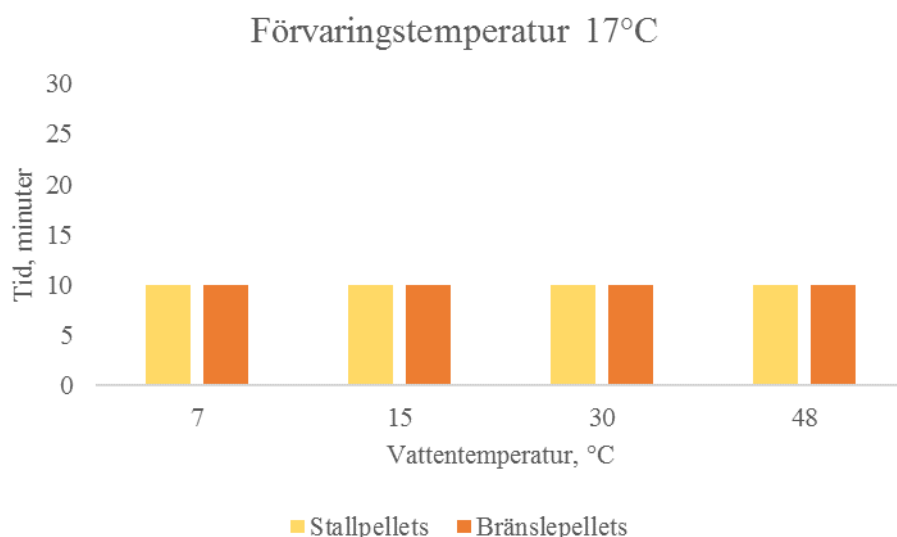
Resultatet gav skillnader i tidsåtgång vad gäller uppsugning av vatten och svällning, dock inte så stora. Det fanns en signifikant skillnad mellan de två grupperna vad gäller volymen och resultaten tyder på att bränslepelletsen sväller något mer än stallpelletsen (tabell 3).

De tydligaste skillnaderna sågs mellan pellets som förvarats i -19 grader (figur 6) som vattnats med ca 7 gradigt vatten och pellets som förvarats i 17 grader (figur 3) som vattnats med en temperatur på 48 grader. Detta gällde för båda pelletssorterna.

Skillnaden mellan bränslepellets och stallpellets var liten. Stallpelletsen sönderdelade sig något snabbare vid omrörning än bränslepelletsen. Möjligen fanns en något större mängd hela, icke sönderdelade pelletar kvar av bränslepellets i jämförelse med stallpellets. Viktigt att veta är att detta är en subjektiv bedömning som jag har gjort på samtliga tester.

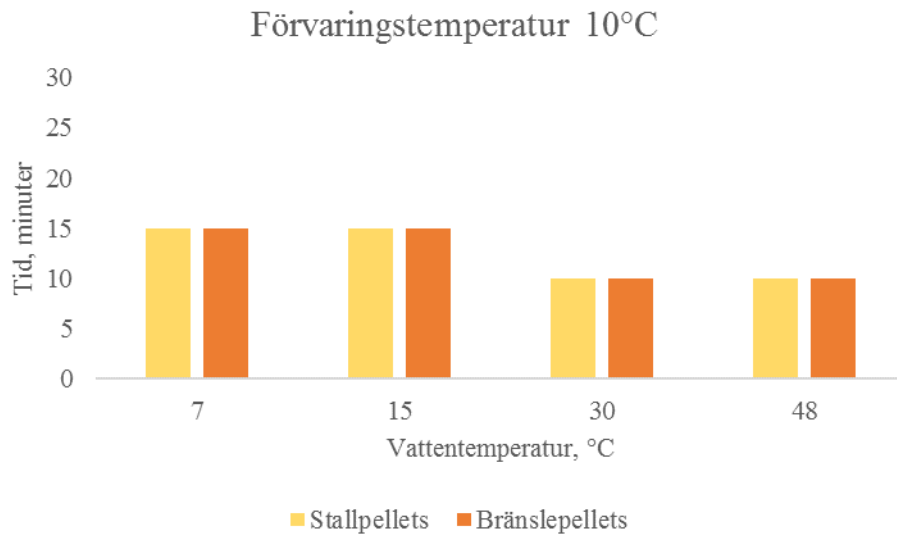
Resultaten tyder på att hypotesen stämmer, till viss del i alla fall. Ju varmare vatten man vattnar med, desto snabbare uppsugning, svällning och sönderdelning av pelletsen. Men när pelletsen förvarats i varmare temperaturer (i detta fall 17 grader) verkar det inte spela någon större roll om vattnet är 7 grader eller 48 grader (figur 3), detta gällde båda bränslesorterna. Med andra ord fungerar det utmärkt att vattna med kallt vatten och ändå få en snabb tidsåtgång om pelletsen förvarats varmt.

Alla tester krävde omrörning för att sönderdela sig, det gick oftast mycket snabbt och enkelt. När pelletsen framförallt förvarats i de kallare temperaturerna, 4°C och -19°C (figur 5 & 6), tog det något längre tid för bränslepelletsen än stallpelletsen att sönderdela sig vid omrörning. Överlag så gick processen som sagt snabbt så länge man vattnade med varmt vatten, ibland bara på knappa 10 minuter. Men då upplevdes spånet fuktigare än om det ges lite mer tid. Samtliga diagram nedan visar på den tidsåtgång jag subjektivt har bedömt att det krävs för varje kombination att suga upp vattnet och svälla färdigt.



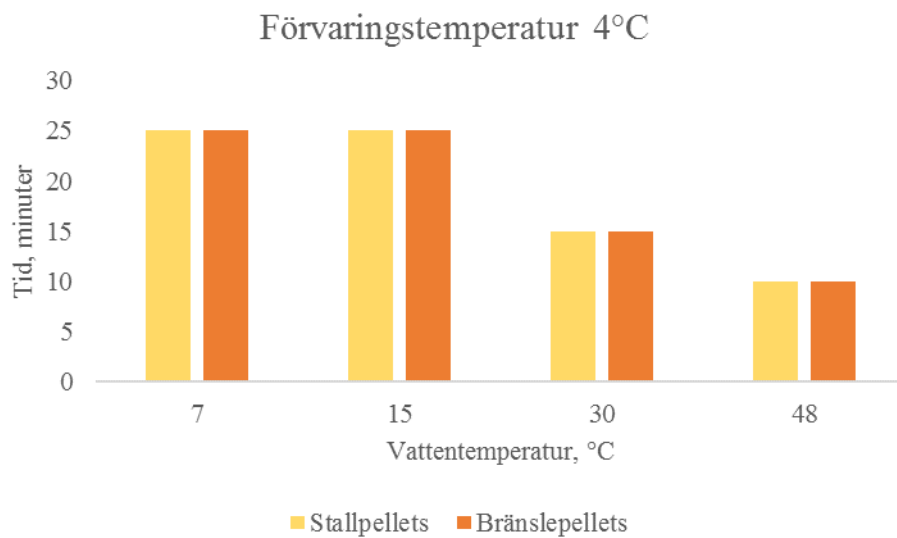
**Figur 3.** Stallpellets och bränslepellets tidsåtgång för uppsugning och svällning efter förvaring i 17°C i kombination med olika vattentemperaturer.

*Figure 3. Stable pellets and fuel pellets time required for absorption and swelling after storage at 17°C in combination with different water temperatures.*



**Figur 4.** Stallpellets och bränslepellets tidsåtgång för uppsugning och svällning efter förvaring i 10°C i kombination med olika vattentemperaturer.

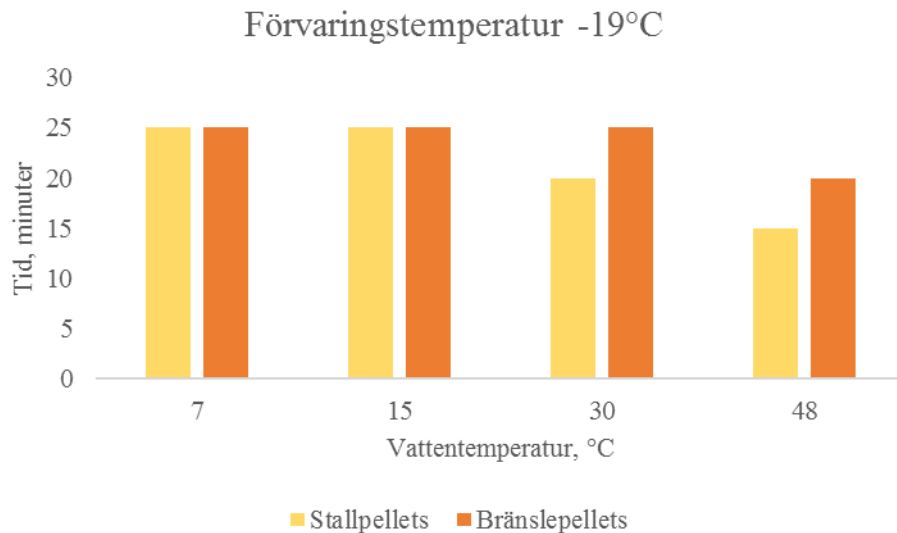
*Figure 4. Stable pellets and fuel pellets time required for absorption and swelling after storage at 10°C in combination with different water temperatures.*



**Figur 5.** Stallpellets och bränslepellets tidsåtgång för uppsugning och svällning efter förvaring i 4°C i kombination med olika vattentemperaturer.

*Figure 5. Stable pellets and fuel pellets time required for absorption and swelling after storage at 4°C in combination with different water temperatures.*





**Figur 6.** Stallpellets och bränslepellets tidsåtgång för uppsugning och svällning efter förvaring i  $-19^{\circ}\text{C}$  i kombination med olika vattentemperaturer.

**Figure 6.** Stable pellets and fuel pellets time required for absorption and swelling after storage at  $-19^{\circ}\text{C}$  in combination with different water temperatures.

Ett t-test över medelvolumvärdena för samtliga kombinationer ger ett p-värde som påvisar en signifikant skillnad i volym mellan de två pelletssorterna (Tabell 3). p-värde: 0,00188 (ca 0,2 %). Tretton av sexton testers medelvärden tyder på att bränslepelletsens volym är något större än stallpelletsen när det fått verka och rörts om.

För 1 kg pellets erhålls volymerna: Genomsnitt stallpellets 4,29 liter, Genomsnitt bränslepellets 4,44 liter. Bränslepellets ger alltså drygt 3 % mer i volym än stallpellets med samma vikt.

### 3.2 Resultat volym

**Tabell 3.** Volym i liter för stallpellets respektive bränslepellets, samt vatten- och förvaringstemperatur för samtliga tester

**Table 3.** Volumes in liters for stable pellets and pellet fuel, and water and storage temperature for all tests

Test	Vatten- temperatur, °C	Förvarings temperatur, °C	Volym sönderdelad stallpellets, liter	Volym sönderdelad bränslepellets, liter
1.1	7	17	4,165	4,674
1.2	7	17	4,215	4,725
1.3	7	17	4,215	4,419
2.1	15	17	4,317	4,521
2.2	15	17	4,317	4,266
2.3	15	17	4,470	4,521
3.1	30	17	4,266	4,470
3.2	30	17	4,317	4,623
3.3	30	17	4,470	4,368
4.1	48	17	4,317	4,470
4.2	48	17	4,419	4,521
4.3	48	17	4,521	4,623
5.1	7	4	4,063	4,368
5.2	7	4	4,419	4,674
5.3	7	4	4,012	4,368
6.1	15	4	4,165	4,521
6.2	15	4	4,419	4,368
6.3	15	4	4,368	4,216
7.1	30	4	4,266	4,266
7.2	30	4	4,114	4,674
7.3	30	4	4,419	4,572
8.1	48	4	4,521	4,623
8.2	48	4	4,215	4,572
8.3	48	4	4,165	4,623
9.1	7	-19	4,215	4,114
9.2	7	-19	4,063	4,266
9.3	7	-19	4,317	4,063
10.1	15	-19	4,215	4,063
10.2	15	-19	4,215	4,419
10.3	15	-19	3,961	4,419
11.1	30	-19	4,470	4,521
11.2	30	-19	4,572	4,521
11.3	30	-19	4,623	4,419
12.1	48	-19	4,368	4,623
12.2	48	-19	4,419	4,521
12.3	48	-19	4,572	4,521
13.1	7	10	4,215	4,317
13.2	7	10	4,012	4,317
13.3	7	10	4,215	4,165
14.1	15	10	4,114	4,572
14.2	15	10	4,165	4,266
14.3	15	10	4,165	4,317
15.1	30	10	4,368	4,470
15.2	30	10	4,266	4,368
15.3	30	10	4,419	4,368
16.1	48	10	4,368	4,725
16.2	48	10	4,317	4,368
16.3	48	10	4,114	4,317
Standardavvikelse			0,1589	0,1686

### 3.3 Resultat övriga mätningar

#### Pellets förvarad i 17°C som vattnats med 7°C vatten (figur 3)

Tidsåtgången för svällning och uppsugning uppskattade jag till ca 8-10 minuter men observationen och omrörningen gjordes efter 40 minuter. Pelletsen sönderdelades inte helt utan omrörning, stallpelletsen sönderdelade sig något lättare än bränslepelletsen. Mått upp till kant (volym – stallpellets): 12,1 cm, vilket gav en volym på 4,42 liter. Mått upp till kant (volym – bränslepellets): 12,7 cm, vilket gav en volym på 4,11 liter.

#### Bränslepellets förvarad i ca 17°C som vattnats med ca 48°C vatten (figur 3)

Två hinkar med samma mängd pellets och samma mängd vatten användes i detta test. Den ena hinken fick verka ca 5 minuter och rördes sedan om under 1 minut. Det fanns inget synligt vatten kvar i hinken men spånet kändes fuktigt. Bränslepelletsen i detta test sönderdelade sig nästan lika lätt som pelletsen i testerna ovan som fått verkat i 40 minuter, mest troligt på grund av att den varma vattentemperaturen skyndar på processen. Den andra hinken rördes om efter 10 minuter under 1 minut. Jag upplevde samma sak här som efter 5 minuter på den första hinken. Alltså verkar det inte spela någon roll när man har denna kombination med förvaringstemperatur och vattentemperatur om den får stå 5 eller 10 minuter. Tidsåtgången för uppsugning av vattnet och svällning var kort i båda hinkarna.

#### Bränslepellets som förvarats i -19°C och vattnats med 46°C vatten (figur 6)

I detta test fick pelletsen verka i 20 minuter och rördes sedan om under 1 minut. Den sönderdelade sig hyfsat lätt vid omrörning, något sämre än pellets som förvarats i plusgrader. Hyfsat snabb uppsugning och svällning, mest troligt tack vare det varma vattnet.

#### Stallpellets som förvarats i -19°C och vattnats med 6°C vatten (figur 6)

Här fick stallpelletsen verka i 20 minuter och sedan rördes den om under 1 minut. Sönderdelade sig hyfsat vid omrörning, något sämre än pellets som förvarats i plusgrader. Svällde långsamt, särskilt under de första 10-15 minuterna.

#### Långtest bränslepellets

Trots att den vattnade pelletsen hade stått orörd i 6,5 timmar var jag även i detta test tvungen att röra om för att pelletsen skulle sönderdela sig. Dessutom upplevde jag ett sämre resultat av alla dessa timmar än om omrörning sker efter en kortare tid. Många av pelletarna hade stelnat igen.

#### Långtest stallpellets

Testet krävde omrörning för att sönderdela sig. Det gick mycket lätt och andelen hela pelletar som fanns kvar efter 16 timmar delade sig mycket lätt med hjälp av tryck från fingrarna. Jag upplevde att det i botten av hinken var fuktigt men torrt på ytan.

Ett test gjordes även på volymen i samband med detta. Måttet upp till kanten var: 11.35 cm, vilket gav en volym på 4,80 liter. Denna volym är större än de volymer vi finner i Tabell 3, vilket borde betyda att pelletsen alltså fortsätter svälla ytterligare lite till efter att jag ansett det vara klart.

## 4. Diskussion

### 4.1 Resultatdiskussion

Syftet med studien var att mäta och jämföra tidsåtgången och svällningsgraden på stall- och ströpellets vid olika bevattnings- och pelletstemperaturer. Resultatet tyder på förvånansvärt små skillnader mellan de olika kombinationerna. De största skillnaderna syns mellan pellets som förvarats i en temperatur på 17 grader som vattnats med en vattentemperatur på 48 grader och pellets som förvarats i -19 grader som vattnats med en vattentemperatur på ca 7 grader, detta gällde för de båda pelletssorterna. Jag trodde att skillnaderna mellan stallpellets och bränslepellets skulle bli större än vad de i själva verket blev i mina experiment. Stallpelletsen sönderdelade sig något lättare vid omrörning och svällde något snabbare vid de allra kallaste kombinationerna, men överlag var det väldigt lika. Pellets som förvarats i 17 grader och som vattnats med varmt vatten gick snabbast. Det verkade dock inte spela någon roll om pellets som förvarats i 17 grader vattnas med en vattentemperatur av 7 grader eller 48 grader. I övrigt kunde man se att ju varmare vatten man vattnar med, desto snabbare går processen. Har pelletsen förvarats i minusgrader går processen långsammare även med varmt vatten.

Så till frågan om bränslepellets skulle kunna vara jämförbart med stallpellets. I det stora hela skulle jag säga att bränslepellets absolut är jämförbart med stallpellets. Tidigare studier har visat på att de har samma uppsugningsförmåga, men att bränslepelletsen har en högre volymvikt. En av egenskaperna man vill åt när det kommer till strö är bästa möjliga uppsugningsförmåga.

Vad man kan utläsa av mina resultat (Tabell 3) så verkar bränslepellets i genomsnitt svälla något mer än stallpellets (drygt 3 %), och det fanns en signifikant skillnad mellan de två pelletssorterna. Det finns alltså inga markanta skillnader mellan stallpellets och bränslepellets vad gäller svällningsgrad. Det skulle däremot kunna ge ekonomiska skillnader eftersom drygt 3 % på t.ex. en årsförbrukning av strö (ca 840 kg per år) ger ungefär 25 liter (ca 15 kg) mer bränslepellets jämfört med stallpellets av ett års förbrukning. För en häst blir skillnaderna små, men för en stor verksamhet med många hästar kan man spara en del per år genom att använda bränslepellets istället för ströpellets. Räknat på prisuppgifterna i 1.4 så blir 25 liter bränslepellets ca 40 kr.

### 4.2 Jämförelse av resultat med litteratur

SCA (2015) uppger att stallpellets även kan vattnas med kallt vatten. Detta visar även min studie på, men uppsugning av vatten och svällning tar längre tid. De anger även att stallpelletsen är mindre hårt pressad för att sönderdelas sig lättare jämfört med bränslepelletsen som pressats hårdare för att vara mer lämpat just som bränsle vid eldning. Min uppskattning av experimenten är att det inte är några större skillnader mellan pelletssorterna vid omrörning. Möjligen så sönderdelas sig stallpelletsen något lättare än bränslepelletsen, framförallt pellets som förvarats i -19 grader, men detta är marginella skillnader.

I en studie av (Bergström, m fl. 2008) framkom att pelletsens uppsugningsförmåga ökar med minskad fraktionsstorlek. Dock innehöll denna pellets endast trädslaget tall. Det hade i min studie varit intressant att veta skillnaden i fraktionsstorlek mellan Bionorr bränslepellets och SCA stallpellets, det hade då kunnat kopplas till de resultat jag fick i min

studie som antydde på att bränslepelletsen hade en något bättre uppsugningsförmåga än stallpelletsen.

Tidigare publicerade verk (Yadong, m fl. 2000) visar på att pellets med en fukthalt över 13 % gör materialet så pass skört att det sönderdelas. Detta kan styrka min studies resultat om att det verkar ha en mindre betydelse av i vilken temperatur pelletsen förvarats i och med vilken temperatur på vattnet den vattnats med, pelletsen kommer oavsett temperatur lösas upp bara materialet når en tillräckligt hög fukthalt. För att fastställa teorin om att varmare vatten påskyndar processen uppsugning och sönderdelning krävs fler studier.

### **4.3 Hur kan mina resultat användas i praktiken?**

De resultat jag fått fram genom min studie kan användas av SCA som vägledande information till sina kunder om förvaring av pellets och vattning. Kanske kan resultaten vara lite av ett stöd i framtida produktutveckling av stallpellets. Ekonomiskt sett så skiljer stallpellets och bränslepellets sig åt en del, men vad gäller uppsugningsförmåga är de likvärdiga. Man skulle kanske kunna ta fram ett stallpellets som är billigare men samtidigt har den rätta mixen och tall och gran samt bibehåller eller har en ännu bättre uppsugningsförmåga.

Att tänka på är att min studie omfattar ett mycket litet parti av SCA stallpellets och Bionorrpellets. Med ett mycket större parti pellets och under mer omfattande tester kanske resultaten hade sett annorlunda ut. I min studie kan jag endast redovisa och diskutera de resultat jag fått, men för att helt säkert fastställa teorier kring detta tror jag att mer omfattande studier krävs.

### **4.4 Styrkor och svagheter**

Experimenten utfördes inte helt enligt planerna, den blev snarare en typ av förstudie och jag kunde inte göra experimenten exakt på det sätt jag först tänkt utan jag fick ändra metoden allt eftersom. Tanken var från början att ta tid på varje omgång och kombination och stoppa då pelletsen sugit upp allt vatten och svällt färdigt. Detta var för mig, och den utrustning jag hade att tillgå, alldeles för svårt att avgöra just den tidpunkten.

Många frågor dök upp under experimentens gång och jag kände att det hade kunnat göras på en betydligt mer detaljerad och noggrann nivå än vad jag gjorde. Men med tanke på hur lite tid jag hade för denna studie var det viktigt att verkligen begränsa sig till de frågeställningar jag satt upp från början.

Jag är nöjd med mina experiment efter de förutsättningar jag hade och kan på något sätt ändå sammanfatta och besvara de frågeställningar jag hade. Jag hoppas att mina resultat av studien också kan vara till hjälp för SCA vad gäller utveckling av produkten och framförallt vad gäller information till kunderna.

Fukthalten hos de båda pelletssorterna borde ha undersökts eftersom detta kan ha påverkat resultatet av testerna. Även om pelletsen direkt efter tillverkning håller en fukthalt på ca 7-8 % så kan yttre faktorer absolut påverka vad som sker med pelletsens fukthalt i var och en av säckarna. Fukthalten påverkar förmågan att suga upp vatten, ju högre fukthalt desto snabbare

blir pelletsen mättad. Fukthalterna kan ju ha varit olika i de olika säckarna med pellets och därför gett olika förutsättningar vid mätningarna.

Tanken var att analysera resultaten mer statistiskt, framförallt svällningsgraden och se om det fanns några skillnader mellan de olika kombinationerna var för sig för stallpellets och bränslepellets. Men det blir inte så relevant i mitt fall eftersom jag har så pass få upprepningar. Istället hade jag kunnat göra testerna med färre antal vattentemperaturer och fler upprepningar av varje kombination.

## 4.5 Framtida studier

Jag tror att det finns en framtid för träpellets som strö och det finns säkert möjligheter till att förbättra produkten.

Under arbetets gång dök det upp några frågor och funderingar:

- Kan man tillverka billigare stallpellets (ströpellets), om man bortser från bränslepellets, som är jämförbart med det som säljs på marknaden idag?
- Kan man på en mer detaljerad nivå, med en mer avancerad utrustning, avgöra när pelletsen svällt färdigt?
- Ger någon särskild mix av tall och gran bästa uppsugningsförmåga?
- Har storleken på pelletsen och dess fraktioner någon betydelse för uppsugningsförmågan och sönderdelningen? Vad är optimalt?

## 4.6 Slutsatser

Man kan dra slutsatsen att hur än pelletsen förvarats och med vilken temperatur den vattnats med så kommer den att suga upp vattnet och sönderdela sig med hjälp av omrörning, men det tar olika lång tid. För snabbaste resultatet krävs alltså varmvatten och pellets som förvarats i plusgrader. Om man bortser från att det i bränslepelletsen är en högre andel tall än vad som finns i stallpelletsen, vilket kan vara olämpligt vid användning som strö, så anser jag att det inte finns några direkta skillnader mellan de två bränslesorterna.

Värt att nämna igen är att min studie inte är särskilt omfattande och jag kan endast diskutera utifrån de resultat jag fått fram samt att mycket tyder på min subjektiva bedömning, i alla fall vad gäller tidsåtgång för uppsugning av vatten och svällning. För att riktigt fastställa teorier kring detta krävs en mer omfattande studie med mer noggranna tester.

För att på ett mer tydligt och korrekt sätt avgöra när pelletarna är färdiga hade man kanske kunnat titta på volymförändringen per tidsenhet. Då hade man kunnat se mer exakt när pelletsen slutat svälla och inte suger upp mer vatten. Så här i efterhand tänker jag mig att det alltså finns andra sätt att besvara mina frågeställningar på och studien gick inte från början helt enligt planerna eftersom det var svårare att avgöra när det var färdigt än vad jag först tänkt. Men jag tror ändå att mina resultat indikerar på att pelletsen sväller olika snabbt beroende på hur den förvarats och framförallt vilken vattentemperatur den vattnas med.

Som det ser ut idag är det mer ekonomiskt att använda bränslepellets än stallpellets, dels på grund av kilopriset (se 1.4) och dels på grund av de drygt 3 % mer i volym som fås av bränslepellets. Detta är säkert en påverkande faktor när kunden ska välja produkt.

Jag tror alldeles säkert att stallpelletsen kan tillverkas så att marknadspriset blir lägre än idag. Som hästägare har man stora utgifter varje månad och prisvärda produkter är betydelsefullt samtidigt som man vill ha god kvalitet på det som man använder till sin häst. Jag tror absolut att det finns en stor marknad för SCA:s stallpellets om de vill. Som jag förstått det när jag läst i olika forum så tror jag att man bör marknadsföra produkten mer för att få en större efterfrågan av produkten.

Hade jag fått göra om studien hade jag nog gjort den lite annorlunda, men jag känner ändå att jag kan stå för de resultat jag fått fram och jag tror att de indikerar på vissa skillnader mellan de två bränslesorterna och skillnader inom varje sort vad gäller tidsåtgång för uppsugning och svällning beroende av olika temperaturer.

## 5. Referenser

Back E.L. (1987). *The bonding mechanism in hardboard manufacture*. *Holzforschung* 41: 247-258

Bergström, D (2005). *Pelletering av tallspån – grundläggande studier*. SLU. Studentuppsats nr 80

Bergström, D, Israelsson, S, Öhman, M, Dahlqvist, S-A, Gref, R, Boman, C, Wästerlund, I (2008). *Effects of raw material particle size distribution on the characteristics of Scots pine sawdust fuel pellets*. *Fuel Processing Technology*. Volume 89, Issue 12, December 2008, Pages 1324–1329

HNS, Hästnäringens Nationella Stiftelse, 2013-10-16. [Online]. Tillgänglig: [www.hastsverige.se/hastenisamhallet.html](http://www.hastsverige.se/hastenisamhallet.html) (2015-03-03)

Granngården (2015). Kutterspån Lantmännen. [Online]. Tillgänglig: [http://www.granngården.se/Lantm%C3%A4nnen-Lantbruk/Kuttersp%C3%A5n-Lantm%20auml%3Bnnen/p/1196500\\_BASE](http://www.granngården.se/Lantm%C3%A4nnen-Lantbruk/Kuttersp%C3%A5n-Lantm%20auml%3Bnnen/p/1196500_BASE) (2015-04-16)

Jordbruksverket (2007). DFS 2007:6 *Råd om hästhållning*. Saknr L 101 3 kap. 16 §

Lehtikangas, P (2001). *Quality properties of pelletized sawdust, logging residues and bark*. *Biomass and Bioenergy* 20: 351-360

SCA (2015). Bionorr Stallpellets. [Online]. Tillgänglig: <http://www.sca.com/sv/bionorr/Stallpellets/> (2015-03-03)

Strömberg, B, Herstad Svärd, S (2012). *Bränslehandboken 2012*. Stockholm: VÄRMEFORSK Serviceaktiebolag

Wennberg, C & Dahlander, C (2014). *Halmpelletsens möjligheter att öka värdet och biogasutbytet i fastgödsel*. Agroväst. Rapport 1:2014

Yadong Li, Henry Liu. 2000. *High-pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel*. *Biomass and Bioenergy*. Volume 19, Issue 3, September 2000, Pages 177–186

Muntlig kontakt. Personal SCA Energy AB. 2015-02-25

Muntlig kontakt. Erika Edmark, marknadskommunikatör SCA Energy AB. 2015-04-16